Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir



Research Article
Vol. 37, No. 4, Winter 2024, p. 915-929

Postharvest Effect of Blue Light, Sodium Nitroprusside and Arginine on Shelf Life, Nutritional Value and Antioxidant Enzymes of Kiwifruit

K. Hosseinzadeh Moghaddam[1], B. Kaviani[2*], D. Hashemabadi[2], Sh. Sedaghathoor[2], M.R. Safari Motlagh[3]

1 and 2- Ph.D. Candidate and Associate Professor, Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

Received: 30-04-2022 Revised: 19-07-2022 Accepted: 23-07-2022 Available Online: 23-07-2022	**How to cite this article:** Hosseinzadeh Moghaddam, K., Kaviani, B., Hashemabadi, D., Sedaghathoor, Sh., & Safari Motlagh, M.R. (2024). Postharvest effect of blue light, sodium nitroprusside and arginine on shelf life, nutritional value and antioxidant enzymes of Kiwifruit. *Journal of Horticultural Science, 37*(4), 915-929. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2022.76455.1168

Introduction

Kiwi (*Actinidia deliciosa*) is rich in minerals, vitamins and antioxidants. Kiwi fruit is sensitive to ethylene and has high perishability. There are some physical and chemical methods to delay aging and maintain postharvest quality of fruits. Light irradiation is a physical and pollution-free method that has been reported to be effective in controlling fruit decay and increasing its shelf life. Sodium nitroprusside (SNP) acts as an important signal in some physiological activities of the plant. SNP improved the quality and durability after fruit harvest in some fruits.Amino acids are effective in delaying the aging process and increasing the postharvest life of horticultural crops. Arginine plays an important and vital role in plant growth and development processes. The positive effect of arginine in increasing the shelf life of some fruits has been reported. The aim of this study was to increase the shelf life and quantitative and qualitative characteristics of ‘Hayward’ kiwi fruit after harvesting with the use of blue light, SNP and arginine.

Material and Methods

Healthy and uniform fruits were selected and exposed to blue light (6, 12 and 24 h) at a wavelength range of 470 nm by LED lamps, SNP (0.5, 1 and 2 mM) and arginine (0.5, 1 and 2 mM). The experiment was performed in a completely random design with 10 treatments in 3 replications with 30 plots and 10 fruits per plot. After immersing the fruits at different levels of arginine, SNP and distilled water (control treatment), the surface of the fruits was dried and then sterilized. The fruits were monitored daily and their quantitative and qualitative properties were recorded during the experiment. Parameters of shelf life, tissue firmness, flavor index, loss of fresh weight, proline, ionic leakage, malondialdehyde (MDA), and dry matter, as well the activity of ascorbate peroxidase (APX), peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD) enzymes were measured. Analysis of data obtained from sampling during the experimental period and laboratory were performed using SPSS statistical software and comparisons of means was done based on LSD statistical test.

Results and Discussion

The results showed that SNP at a concentration of 2 mM caused the highest shelf life (117.20 days) and the highest proline content (80.14 mg/kg) in kiwi fruits. The reason for this increased shelf life may be that SNP



https://doi.org/10.22067/jhs.2022.76455.1168

delays ethylene production process by activating the genetic and biochemical mechanisms, thus increase the postharvest life of ethylene-sensitive products. The highest firmness (4.56 kg/cm^2) and the lowest fresh weight loss (1.26%) was obtained in fruits treated with 12 h of blue light. Some of the most important causes of this finding are that blue light delays the peak time of ethylene production, and as a fungal agent, reduces fruits decay after harvesting. The data showed that 12-h irradiation of blue light and 2 mM SNP caused a significant increase in the amount of antioxidant enzymes (SOD, POD and APX) of kiwifruit. Other traits such as flavor index, dry matter content, ion leakage and malondialdehyde were also measured. Blue light treatment can effectively reduce the decay of many fruits during postharvest storage. The study on kiwifruit showed that the qualitative treatments of different lights on various cultivars at different times had a significant effect on some physiological, morphological and gene expression traits. LED irradiation was found to be a suitable method for improving the quality of nutrients and the quality of flavor after harvest of some fruits. SNP was a good treatment to maintain fruit quality and improve disease resistance in kiwi cultivar ‘Bruno’ during storage. Fruits treatment with arginine is a promising technology to reduce cold and brown damages by stimulating the activity of antioxidant enzymes. Plant resistance to environmental stresses due to the use of arginine is in order to the effect of this substance on polyamine accumulation through increasing arginine decarboxylase and ornithine decarboxylase enzymes and increasing proline accumulation by enhancing ornithine amino-transferase enzyme activity as well as increasing nitric oxide through increasing the activity of nitric oxide synthase enzyme. Quality of kiwi fruit decreases during storage due to rapid softening and contamination with some fungi. In this study, effective treatments were used to reduce these complications. Overall, the results of this study showed that 2 mM SNP caused the highest shelf life. The highest firmness and the lowest fresh weight loss were observed in fruits treated with 12 h blue light. 12-h irradiation of blue light and 2 mM SNP caused a significant increase in the antioxidant enzymes of kiwifruit.

Keywords: Antioxidant enzymes, Fruit decay, Fruit flavor index, Tropical and sub-tropical fruits

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ٤، زمستان۱٤۰۲، ص. ۹۲۹-۹۱۵

اثر پس از برداشت نور آبی، سدیم نیتروپروساید و آرژنین روی عمر قفسه‌ای، ارزش غذایی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان میوه کیوی

کاظم حسین‌زاده مقدم[1]- بهزاد کاویانی[2]*- داود هاشم‌آبادی[2]- شهرام صداقت حور[2]- محمد رضا صفری مطلق[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

چکیده

کیوی (*Actinidia deliciosa*)، میوه‌ای کم‌کالری و سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها است. کیفیت میوه کیوی در طول دوره انبارمانی به‌دلایل مختلف کاهش می‌یابد. هدف از این پژوهش، افزایش ماندگاری و خصوصیات کمی و کیفی میوه‌های کیوی رقم 'هایوارد' پس از برداشت با استفاده از روش‌های فیزیکی و سازگار با سلامت انسان شامل تابش نور آبی، سدیم نیتروپروساید و اسید آمینه آرژنین بود. میوه‌های سالم و یکسان از نظر اندازه انتخاب شدند و تحت تأثیر تابش نور آبی (۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت) در محدوده طول موج ۴۷۰ نانومتر توسط لامپ‌های LED، سدیم نیتروپروساید (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و آرژنین (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار در ۳ تکرار با ۳۰ پلات و در هر پلات ۱۰ عدد میوه اجرا شد. آنالیز داده‌های حاصل از نمونه‌گیری در طول دوره آزمایش و داده‌های حاصل از تجزیه آزمایشگاهی، با نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون آماری LSD انجام شد. نتایج نشان داد که سدیم نیتروپروساید در غلظت ۲ میلی‌مولار باعث بالاترین (۱۱۷/۲۰ روز) عمر قفسه‌ای و بیشترین میزان پرولین (۸۰/۱۴ میکرومول در هر گرم وزن تر) در میوه‌ها شد. بالاترین سفتی (۴/۵۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) و کمترین کاهش وزن تر (۱/۲۶ درصد)، در میوه‌های تیمار شده با ۱۲ ساعت تابش نور آبی مشاهده گردید. داده‌ها نشان دادند که تابش ۱۲ ساعته نور آبی و ۲ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید باعث افزایش قابل توجه در میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز) میوه کیوی شد. اثر تیمارهای مختلف روی شاخص طعم میوه‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین نشت یونی (۷۵/۴۱ درصد) مربوط به میوه‌های شاهد بود. بالاترین درصد ماده خشک (۱۹/۳۳) و بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید (۲/۰۸ نانومول در هر گرم وزن تر)، به‌ترتیب در میوه‌های تیمار شده با ۶ ساعت نور آبی و ۰/۵ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید به‌دست آمد. در مجموع، نور آبی و سدیم نیتروپروساید برای تغییر صفات اندازه‌گیری‌شده در کیوی مؤثرتر از آرژنین بودند.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پوسیدگی میوه، شاخص طعم میوه، میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری

مقدمه

کیوی با نام علمی *Actinidia deliciosa* از خانواده Actinidiaceae، میوه‌ای کم‌کالری و سرشار از موادی مانند ویتامین ث، مواد آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و فلاونوئیدها است (Tavarani *et al.*, 2008). کشت کیوی در اکثر مناطق نیمه‌گرمسیری و گرمسیری جهان انجام می‌شود. در ایران، کیوی در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان کشت می‌شود. در میان ارقام مختلف کیوی، رقم 'هایوارد'[2]، رقم تجاری این میوه است و در ۹۰ درصد باغ‌ها کشت می‌شود (FAO, 2013). ایران با ۱۵۲۱۱ هکتار سطح زیرکشت و تولید ۴۴۲۰۴۰ تن کیوی در سال،

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی و دانشیار، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد رشت، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: kaviani@iaurasht.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه حفاظت گیاهی، واحد رشت، دانشگاه آزاد رشت، رشت، ایران
https://doi.org/10.22067/jhs.2022.76455.1168

2- 'Hayward'

پس از کشورهای چین، نیوزیلند، ایتالیا و یونان رتبه پنجم را در بین تولیدکنندگان کیوی در جهان دارد (Kiaeshkevarian et al., 2023). با وجود ارزش غذایی و تجاری کیوی، این میوه مانند سایر محصولات باغی، حساس به اتیلن است و قابلیت فسادپذیری بالایی دارد. بنابراین، به‌کارگیری روش‌های مناسب جهت افزایش قابلیت نگهداری و عرضه این محصول در خارج از فصل و به بازارهای دور دست ضرورت دارد. روش‌های فیزیکی و شیمیایی بسیاری مانند انبار سرد، تیمار گرمایی، تابش نور و کاربرد مواد افزایش‌دهنده عمر پس از برداشت (Ma et al., 2014; Zheng et al., 2017) جهت به تأخیر انداختن پیری و حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها وجود دارند. کاربرد تیمارهای شیمیایی در مرحله قبل و پس از برداشت میوه، به‌دلیل حضور باقیمانده سموم در میوه‌ها و خطرات آن برای سلامتی انسان، در حال کاهش است. متخصصان فیزیولوژی پس از برداشت، به‌دنبال راهکارهای طبیعی و فیزیکی جهت افزایش ماندگاری میوه‌ها و سایر محصولات باغبانی هستند (Liu et al., 2019).

تابش نور یک روش فیزیکی و بدون آلودگی است که تأثیر آن در کنترل پوسیدگی میوه‌ها و افزایش ماندگاری آنها گزارش شد (Liu et al., 2019). اثر تابش نور در مرحله پس از برداشت میوه کیوی تا کنون بررسی نشده است. اثر نور آبی در ریخت‌زایی، کنترل حرکات روزنه‌ای، نورگرایی، توسعه دستگاه فتوسنتزی، افزایش بیوسنتز کلروفیل‌ها (Gong et al., 2015)، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها (Shi et al., 2014; Xu et al., 2014) و گلوکوزینولات‌ها (Jin et al., 2015)، در برخی میوه‌ها و سبزی‌ها نشان داده شده است. نور آبی به‌عنوان یک عامل قارچ‌کش در کنترل پوسیدگی پس از برداشت میوه‌ها نیز کاربرد دارد (Liao et al., 2013). کاربرد نور آبی موجب تأخیر در فرارسیدن زمان اوج تولید اتیلن در هلوهای انباری شد. با این وجود، در طول دوره انباری، میوه‌های تیمارشده دارای مقدار اتیلن بیشتری بودند (Gong et al., 2015). همچنین، در این میوه‌ها نور آبی موجب افزایش مواد جامد محلول، کاهش اسیدیته قابل تیتر، کاهش ثبات و استحکام بافت میوه و افزایش رنگ پوست میوه شد. اثر مثبت نور آبی بر کاهش آلودگی‌های قارچی مرکبات (Liao et al., 2013) و افزایش عمر انباری، ارزش غذایی و آنتوسیانین کل میوه توت فرنگی چینی (Shi et al., 2014) گزارش شد. اهمیت نور آبی در افزایش ترکیبات فنلی، ویتامین ث، کاروتنوئیدها و توکوفرول در کاهو نشان داده شد (Bantis et al., 2016). همچنین بهبود میزان قند در انگور (Poudel et al., 2008)، افزایش آنتوسیانین‌ها در توت فرنگی (Choi et al., 2015) و ویتامین ث در کلم (Li et al., 2012) با کاربرد نور آبی گزارش گردید. نور آبی موجب بهبود خصوصیات پس از برداشت میوه پرتقال (کاهش رسیدگی، افزایش بیوسنتز رنگدانه‌ها، کاهش بیماری‌ها و آلودگی‌های قارچی) شد (Alferez et al., 2013). افزایش تولید اتیلن و سطح فنل میوه‌های برداشت‌شده پرتقال با کاربرد نور آبی در پژوهش لافوئنت و بالستر (Ballester & Lafuente, 2016) گزارش شد. تأثیر مثبت نور آبی روی برخی گیاهان زینتی، صیفی و سبزی نیز گزارش گردید (Wollaeger & Runkle, 2014; Jerzy et al., 2014; Hasperue et al., 2016; Aliniaeifard & Seifi Kalhor, 2017).

سدیم نیتروپروساید[1] (SNP) ماده آزادکننده نیتریک اسید و یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان مهم در برخی فعالیت‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه از جمله تحریک یا ممانعت از تولید برخی هورمون‌ها، جوانه‌زنی، فتوسنتز، تنفس، رشد ونمو، گلدهی، بلوغ یا رسیدن و پیری اندام‌ها نقش دارد (Arasimowics & Wieczoorek, 2007; Piri & Jabbarzadeh, 2023). از این ترکیب برای کاهش اثرات تنش در گیاهان استفاده می‌شود. بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش نفوذپذیری غشا، نشت الکترولیت‌ها، کاهش میزان آب اکسیژنه (H_2O_2) و محافظت از سلول‌ها در برابر تنش اکسیداتیو از آثار کاربرد SNP است (Neill et al., 2008). کاهش تولید اتیلن و تأخیر در رسیدگی میوه انبه (Linh et al., 2015; Ren et al., 2017) و هلو (Koushesh Saba & Moradi, 2017) با کاربرد SNP گزارش شد. یکی از ساده‌ترین رها کننده‌های نیتریک اسید (NO)، SNP است که ارزان و قابل دسترس است و در pH داخل سلول، نیتریک اسید آزاد می‌نماید. نیتریک‌اکسید در تنظیم سوخت و ساز و پاسخ‌های دفاعی گیاهان نقش دارد (Qiao & Fan, 2008). اثر نیتریک اسید در کاهش تنش‌های اکسیداتیو و به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها، در هلو (Zhu & Zhou, 2007; Ren et al., 2017)، توت‌فرنگی (Wills et al., 2000; Zhu & Zhou, 2007) و آووکادو (Leshem & Pinchsov, 2000) گزارش شده است (Zhu & Zhou, 2007). کاربرد SNP موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن، حفظ ویتامین‌های C و E، افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT)، کاهش فعالیت آنزیم‌های لیپوکسیژناز و پراکسیداز (POD)، کاهش تولید اتیلن و کاهش مالون‌دی‌آلدئید (MDA) می‌شود و از تخریب غشا جلوگیری می‌کند (Zhang et al., 2011; Mansouri, 2012). این نتایج در توت‌فرنگی (Zhu & Zhou, 2007)، هلو (Zhu & Zhou, 2006) و کیوی (Xu et al., 2014) به دست آمد. کاربرد ۱ و ۲ میلی‌مولار SNP در کاهش رسیدگی و تولید اتیلن میوه‌های انبه مؤثر بود (Linh et al., 2015). رن و همکاران (Ren et al., 2017) به‌منظور حفظ خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و ماندگاری میوه انبه از ۰/۲۵ میلی‌مول در لیتر SNP استفاده نمودند. اثر مثبت SNP (۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) در بهبود کیفیت و ماندگاری پس از برداشت میوه انبه (Barman et al., 2015) و هلو

1- Sodium nitroprusside

(Koushesh Saba & Moradi, 2017) نیز گزارش شد.

اسیدهای آمینه در افزایش نسخه‌برداری mRNA، فعال‌کردن فرآیندهای سنتز پروتئین و قند، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، حذف گونه‌های اکسیژن فعال[1] (ROS)، کاهش خسارات ناشی از تنش اکسیداتیو و حفظ استحکام غشا نقش دارند. اسیدهای آمینه در به تعویق انداختن فرآیند پیری و افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغی مؤثر هستند (Wills & Li, 2016; Wang et al., 2017; Babalar et al., 2018). آرژنین یکی از پرکاربردترین اسیدهای آمینه در سلول‌های زنده می‌باشد و همچون سایر اسیدهای آمینه نقش‌های مهم و حیاتی در فرآیندهای رشد و نمو گیاه دارد. آرژنین در ذخیره‌سازی و انتقال ازت، سنتز هورمون‌های گیاهی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نقش دارد (Bidaki et al., 2018). این اسید آمینه با نسبت ازت به کربن بالا، یکی از مهم‌ترین ترکیبات ذخیره‌ای ازت‌دار گیاه است. آرژنین پیش‌ساز بیوسنتز پلی آمین‌ها، نیتریک اسید، پرولین، آگماتین و گلوتامین است. نقش این ترکیبات در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌ها، افزایش کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها، تنظیم اسمزی، پایداری غشا و حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن گزارش گردید (Babalar et al., 2018). با توجه به اینکه آرژنین بخاطر ارزش تغذیه‌ای و درمانی به‌عنوان یک اسید آمینه مفید و مقرون به صرفه برای انسان است، کاربرد آن جهت افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی پس از برداشت میوه‌ها می‌تواند مفید باشد. بنابراین، تقویت مسیر آرژنین در قبل و پس از برداشت مانند کاربرد آرژنین، متیل سالیسیلات و متیل جاسمونات می‌تواند موجب کاهش اثرات تنش از طریق تجمع پلی‌آمین‌ها، پرولین و نیتریک اسید شود و به‌عنوان یک ترکیب سالم و سازگار با سلامت انسان، ماندگاری پس از برداشت محصولات باغی را بهبود بخشد (Zhang et al., 2011, 2013). تأثیر مثبت آرژنین در افزایش ماندگاری و کاهش قهوه‌ای‌شدن برش‌های تازه سیب و لیچی (Wills & Li, 2016)، کاهش تجمع MDA و نشت یونی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گوجه فرنگی (Zhang et al., 2011) و بهبود خصوصیات پس از برداشت انار (Babalar et al., 2018) گزارش شد.نشت یونی و تجمع MDA در میوه انار با کاربرد یک میلی‌مولار آرژنین کاهش یافت. در این پژوهش، آرژنین موجب افزایش فعالیت آنزیم CAT، آسکوربات‌پراکسیداز (APX)، آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و کاهش H_2O_2 و آنزیم پلی فنل اکسیداز در پوسته و آریل انار شد. مقدار فنل کل، آنتوسیانین کل، اسیدآسکوربیک و درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد (DPPH) نیز به‌طور معناداری با کاربرد آرژنین نسبت به شاهد افزایش یافت (Babalar et al., 2018). استفاده از آرژنین برای افزایش عمر پس از برداشت برخی گل‌های زینتی از جمله مارچوبه و گل مریم گزارش شد (Nasibi et al., 2014; Wang et al., 2017). کاهش خسارات ناشی از تنش‌های محیطی و افزایش ماندگاری، با کاربرد اسید آمینه آرژنین در پسته (Nasibi et al., 2013) و توت‌فرنگی (Bidaki et al., 2018) گزارش گردید.

با توجه به اینکه کیفیت میوه کیوی در طول دوره انبارمانی به‌دلیل نرم‌شدن سریع و آلودگی به برخی قارچ‌ها کاهش می‌یابد، در این پژوهش از تیمارهای مؤثر در کاهش این عوارض استفاده شد. بنابراین، هدف از اجرای پژوهش حاضر، افزایش ماندگاری و خصوصیات کمی و کیفی میوه‌های کیوی رقم ’هایوارد‘ در طول دوره انبارمانی با استفاده از روش‌های فیزیکی و سازگار با سلامت انسان شامل تابش نور آبی، سدیم نیتروپروساید و اسید آمینه آرژنین بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

میوه‌های کیوی رقم ’هایوارد‘ (*Actinidia deliciosa* Lindl., cv. ‘Hayward’) از درختان یک باغ واقع در استان گیلان، شهرستان تالش که در شرایط یکسان محیطی، تغذیه و آبیاری پرورش یافته بودند، برداشت شد. برداشت میوه‌ها در مرحله تجاری (بریکس = ۶/۵) انجام شد (Snelgar & Hopkirk, 1988). سپس میوه‌ها با رعایت اصول صحیح حمل و نقل به محل انجام آزمایش منتقل گردیدند. پس از انتقال میوه‌ها به محل انجام آزمایش، عمل سورتینگ انجام شد و میوه‌های سالم و یکسان از نظر اندازه جهت اعمال تیمارها انتخاب گردیدند.

تیمارها

تیمارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر عبارت بودند از؛ تابش نور آبی در محدوده طول موجی ۴۷۰ نانومتر توسط لامپ‌های LED در ۳ زمان (۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت)، محلول SNP (۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار)، محلول آرژنین (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و تیمار شاهد (غوطه‌وری در آب مقطر). آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار در ۳ تکرار (۳۰ پلات) و در هر پلات ۱۰ عدد میوه اجرا شد. جهت اعمال نور آبی، لامپ‌های LED داخل دستگاه اتاقک رشد، از نوع نور سفید روشن شد و جلوی لامپ‌های LED از طلق آبی استفاده گردید (طول موج نور خروجی از طلق آبی به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و دقیقاً ۴۷۰ نانومتر بود). میوه‌ها درون ظرف‌های ۱۰ تایی در قفسه‌های رشد قرار داده شدند و به‌ترتیب پس از طی شدن دوره تابش نور آبی، از اتاقک رشد خارج شدند و به انبار منتقل گردیدند. برای اعمال سایر تیمارها (سطوح مختلف آرژنین، SNP و آب مقطر (تیمار شاهد))، ۱۰ عدد میوه از هر تیمار داخل

1- Reactive oxygen species

محلول از پیش تهیه‌شده غوطه‌ور گردیدند. پس از غوطه‌وری میوه‌ها در سطوح مختلف آرژنین، SNP و آب مقطر (تیمار شاهد)، سطح میوه‌ها خشک شد و سپس به محیطی استریل با دمای ۰/۵ ± ۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵–۹۰ درصد منتقل شدند. بازدید میوه‌ها به‌طور روزانه انجام شد و خواص کمی و کیفی میوه‌های کیوی در طول آزمایش ثبت گردیدند.

ارزیابی صفات

پس از انتقال میوه‌ها به محل آزمایش، آنها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند و پس از اعمال تیمارها به انبار سرد منتقل گردیدند. میوه‌ها به‌طور روزانه بازدید شدند و صفات مدنظر مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌گیری از بافت میوه نیز جهت صفاتی که نیاز به آنالیزهای آزمایشگاهی دارند، با گذشت ۸ و ۱۶ هفته از انبارداری انجام گردید.

صفات مورد ارزیابی

عمر قفسه‌ای

پس از اعمال تیمارها و قرار دادن میوه‌ها در انبار، آنها به‌طور روزانه بازدید شدند و مشاهده اولین علایم پوسیدگی به معنای پایان ماندگاری میوه ثبت گردید. با شمارش روزها از زمان قرار دادن میوه در انبار تا مشاهده اولین علائم پوسیدگی، عمر قفسه‌ای میوه به‌دست می‌آید.

سفتی بافت میوه

به‌منظور تعیین سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی‌سنج دستی (مدل GY-1) استفاده شد و نتایج بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان گردید.

شاخص طعم میوه

مواد جامد محلول (TSS) میوه‌ها با استفاده از رفرکتومتر دستی مدل ATAGO ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد. از تقسیم TSS بر اسیدیته قابل تیتر (TA)، شاخص طعم میوه به‌دست آمد (Saini, 2005).

درصد کاهش وزن

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن، وزن میوه‌ها در ابتدای آزمایش و پس از خروج از انبار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و سپس درصد کاهش وزن با فرمول زیر محاسبه خواهد گردید (Abdul-Qado, 2009).

$$\text{کاهش وزن (٪)} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

پرولین

از روش باتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) برای اندازه گیری پرولین استفاده شد. بدین‌منظور، ۰/۱ گرم بافت میوه با ۳ میلی-لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳ درصد، داخل هاون چینی سابیده شد. مخلوط حاصل به ارلن منتقل شد و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (۱۲۰۰۰ دور در دقیقه) گردید. عصاره‌ای که روی نمونه‌های سانتریفیوژ شده تشکیل شد استخراج گردید. مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل با ۲ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیل داخل فالکون ریخته شد. فالکون‌ها به بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از گذشت یک ساعت، نمونه‌ها از بن‌ماری خارج و به‌مدت ۳۰ دقیقه داخل یخ نگهداری شدند. پس از این مرحله، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر فالکون اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه شیکر شدند. در پایان این مرحله، نمونه به دو فاز تبدیل شد. فاز رویی که به رنگ صورتی–قرمز بود استخراج شد. لازم به ذکر است که مراحل فوق برای غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و۴۰۰ میکرومولار پرولین نیز جهت رسم منحنی استاندارد پرولین انجام شد. در پایان، میزان جذب نمونه گیاهی و محلول‌های استاندارد، توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و میزان پرولین با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میکرومول در هر گرم وزن تر محاسبه شد.

نشت یونی

برای اندازه‌گیری نشت یونی از روش کایا و همکاران (Kaya *et al.*, 2001) استفاده شد. بدین‌منظور، ۵ گرم گوشت میوه، داخل ظرفی حاوی آب مقطر ابتدا به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند و EC محلول اندازه‌گیری شد (EC_1). پس از آن، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند و EC آن‌ها اندازه‌گیری شد (EC_2). در نهایت از فرمول زیر درصد نشت یونی محاسبه گردید.

$$\text{نشت یونی} = EC_1/EC_2 \times 100$$

مالون‌دی‌آلدئید (MDA)

برای اندازه‌گیری MDA از روش هیس و پارکر (Heath & Parker, 1968) استفاده و غلظت آن بر حسب نانومول در هر گرم وزن تر بیان شد. مقدار ۰/۵ گرم بافت میوه به کمک نیتروژن مایع عصاره‌گیری شد. به عصاره حاصل، یک میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار اضافه شد و به‌مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها در دمای ۴

درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ (۱۴۰۰۰ دور در دقیقه) شدند. محلول رویی نمونه‌ها توسط سمپلر جدا و مجدداً به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد عمل سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه) انجام شد. پس از آن به محلول رویی ۱۰۰۰ میکرولیتر تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰ درصد و ۰/۵ درصد تیوباربوتیریک اسید (TBA) اضافه گردید. محلول حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه داخل حمام آب جوش (۹۰ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و سپس به یخ منتقل شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (۱۰۵۰۰ دور در دقیقه) شدند. ماده قرمز رنگ رویی جدا شد و میزان جذب ماده قرمز رنگ مالون دی آلدئید – تیوباربیوتیک اسید (MDA-TBA) تولید شده به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر و جذب سایر رنگیزه‌های اختصاصی در طول موج ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید.

ماده خشک

پس از اندازه‌گیری وزن‌تر، میوه‌ها به مدت ۲۴ ساعت داخل آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن خشک آن‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از فرمول زیر، ماده خشک میوه به‌دست آمد.

$$\text{ماده خشک} = \frac{\text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \times 100$$

آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، یک گرم بافت میوه با نیتروژن مایع آسیاب شد و با ۵ میلی‌لیتر پلی‌وینیل پلی پیرولیدین دو درصد و بافر فسفات پتاسیم ۰/۰۵ مولار (pH=7.8) مخلوط شد. نمونه حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سطح رویی و شفاف عصاره حاصل در چند مرحله استخراج و به‌عنوان عصاره آنزیمی استفاده شد (Chen & Asada, 1989).برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم APX، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی با ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم (pH=7)، ۰/۱ میلی‌مولار آب اکسیژنه، ۰/۵ میلی مولار اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار به‌خوبی مخلوط و سپس با کاغذ صافی صاف شد. تغییرات جذب نمونه حاصل توسط اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-120-02) ودر طول موج ۲۹۰ نانومتر در طول یک دقیقه ثبت شد. فعالیت آنزیم APX بر اساس واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه گزارش شد. یک واحد آنزیم APX معادل واحد آنزیمی است که برای تجزیه یک میکرومول آسکوربات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه لازم است (Guo *et al.*, 2006).

آنزیم پراکسیداز (POD)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، در ابتدا یک عصاره آنزیمی تهیه شد، به‌طوری‌که میوه‌ها با ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات پتاسیم استخراج شدند. سپس محلول در ۱۰۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. با استفاده از یک سمپلر، سوپرناتانت شفاف نمونه برداشته شد و به‌عنوان عصاره آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت POD توسط روش این و همکاران (In *et al.*, 2007) اندازه‌گیری شد. تعدادی میوه با ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم عصاره‌گیری گردیدند. عصاره در ۱۰۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سوپرناتانت به‌عنوان عصاره آنزیمی استفاده شد. به‌طوری‌که، به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره، ۴۵۰ میکرولیتر آب اکسیژنه (H_2O_2) و ۴۵۰ میکرولیتر محلول گوایاکول افزوده شد. سپس، میزان جذب محلول حاصل با یک اسپکتروفتومتر (JASCO Model V-530) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و فعالیت POD به نانومول در هر گرم وزن تر در دقیقه گزارش گردید.

آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD)

برای تخمین فعالیت SOD، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی با ۲۵ میلی‌لیتر نیترو بلو تترازولیوم کلراید (NBT)، ۰/۱ میلی‌مول EDTA، ۱۳ میلی‌مول متیونین و ۵۰ میلی‌مول کربنات سدیم مخلوط شد و در یک دستگاه لرزا (شیکر) در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد زیر نور فلوئورسنس به‌مدت ۳۰ دقیقه به آرامی تکان داده شد. در مرحله بعد، نمونه‌ها در یک اتاق تاریک به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر در یک اسپکتروفتومتر (JASCO V530, Japan) قرائت شد و به واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه گزارش گردید (Giannopolitis & Ries, 1997).

تجزیه آماری

آنالیز داده‌های حاصل از نمونه‌گیری در طول دوره آزمایش و داده‌های حاصل از تجزیه آزمایشگاهی، با نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSDدر سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

تغییرات در سفتی میوه، عمر قفسه‌ای و شاخص طعم

داده‌های جدول ۱ به وضوح نشان داد که سفتی میوه کیوی و عمر قفسه‌ای آن به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$)، تحت تأثیر تیمارها (تابش نور آبی، SNP و آرژنین) قرار گرفت.SNPدر غلظت ۲

میلی‌مولار باعث بالاترین (۱۱۷/۲۰ روز) عمر قفسه‌ای میوه‌ها شد (جدول ۲). با افزایش غلظت SNP، عمر قفسه‌ای میوه‌ها نیز افزایش یافت. تابش ۱۲ و ۶ ساعته با نور آبی با لامپ‌های LED، به ترتیب با افزایش عمر قفسه‌ای به ۱۱۶/۹۰ و ۱۱۶/۸۰ روز، تیمارهای مناسبی بودند. پایین‌ترین عمر قفسه‌ای (۱۱۰ روز) در میوه‌های شاهد (بدون تیمار) مشاهده شد.

داده‌های ارائه‌شده (جدول ۲) نشان داد که سفتی میوه به‌طور معنی‌داری در میوه‌های تیمارنشده کاهش یافت. سفتی میوه (۳/۶۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمارشده با ۰/۵ و یک میلی‌مولار آرژنین (به‌ترتیب با سفتی ۳/۵۰ و ۳/۶۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، کمینه بود. سفتی در سایر میوه‌ها بیشتر از ۴ کیلوگرم بر سانتی‌متر بود. بیشینه سفتی (۴/۵۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، در میوه‌های تیمارشده با ۱۲ ساعت تابش نور آبی مشاهده گردید.

اثر تیمارهای مختلف روی تغییر طعم میوه معنی‌دار نبود (جدول ۱). شاخص طعم در میوه‌های شاهد، بالاترین (۳/۹۸) و در میوه‌های تیمارشده با ۲ میلی‌مولار SNP، پایین‌ترین (۳/۶۱) بود (جدول ۲).

تغییرات در صفات فیزیولوژیک

پرولین افزایش کاملاً معنی‌داری ($p\leq0.01$) در برخی تیمارهای آزمایشی نشان داد. اثر تیمارهای مختلف روی تغییر کاهش وزن تر، ماده خشک و نشت یونی، معنی‌دار ($p\leq0.05$) بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین میزان پرولین (۸۰/۱۴ میکرومول در هر گرم وزن تر) در میوه‌های تیمارشده با ۲ میلی‌مولار SNP وجود داشت. کمترین میزان پرولین (۷۲/۰۳ و ۷۲/۰۷ میکرومول در هر گرم وزن تر)، به‌ترتیب در میوه‌های تیمارشده با ۰/۵ میلی‌مولار SNP و آرژنین وجود داشت.

کمترین کاهش وزن تر (۱/۲۶ درصد)، مربوط به میوه‌های تیمارشده با نور آبی به مدت ۱۲ ساعت بود. از طرف دیگر، بیشترین کاهش وزن تر (۲/۲۷ و ۲/۲۳ درصد)، به‌ترتیب مربوط به میوه‌های تیمارشده با ۲ میلی‌مولار آرژنین و ۰/۵ میلی‌مولار SNP بود (جدول ۲).

صفت ماده خشک میوه‌های کیوی تیمارشده، تغییر قابل توجهی را نشان داد. داده‌های ارائه‌شده در جدول ۲ آشکار کرد که تحت تیمارهای تابش نور آبی به‌مدت ۶ ساعت و SNP با غلظت ۲ میلی‌مولار، میوه‌های کیوی بیشینه ماده خشک (به‌ترتیب با ۱۹/۳۳ و ۱۹/۲۳ درصد) را داشتند. کمینه ماده خشک میوه (۱۴/۱۰ درصد) مربوط به تیمار ۰/۵ میلی‌مولار آرژنین بود. در میوه‌های تیمارشده با یک میلی‌مولار آرژنین و شاهد نیز میزان ماده خشک (۱۵/۵۰ درصد) کم بود.

نشت یونی (۷۵/۴۱ و ۷۰/۰۸ درصد)، به ترتیب در میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمارشده با ۲ میلی‌مولار SNP، بیشینه و کمینه بود.

تغییرات در آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

اثر تیمارهای مختلف روی تغییر این آنزیم‌های SOD، POD و APX و میزان MDA معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود (جدول ۱). داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که تابش ۱۲ ساعته نور آبی و ۲ میلی‌مولار SNPباعث افزایش قابل توجه در میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (SOD، POD و APX) میوه کیوی شد. این دو تیمار، همچنین تابش ۶ و ۲۴ ساعته نور آبی، مقدار SOD را در میوه کیوی بیش از ۱۰ برابر بیشتر از میوه‌های شاهد (بدون تیمار) افزایش دادند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین میزان SOD (۲۸/۰۹ و ۲۷/۷۶ واحد آنزیم در هر گرم وزن تر) و POD (۰/۰۳۹ و ۰/۰۳۶ نانومول در هر گرم وزن تر)، به‌ترتیب در میوه‌های تیمارشده با تابش ۱۲ ساعته نور آبی و ۲ میلی‌مولار SNP به دست آمد. میوه‌های شاهد در هر دو مورد از کمترین مقدار برخوردار بودند. بیشترین (۲/۴۸ واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه) و کمترین (۰/۸۷ واحد آنزیم در هر گرم وزن تر در دقیقه) مقدار APX، به‌ترتیب در میوه‌های تیمارشده با ۲ و ۰/۵ میلی‌مولار SNP به‌دست آمد. در ارتباط با اثر تیمارهای مختلف روی میزان MDA، بر خلاف اثر آنها روی APX، بیشترین (۲/۰۸ نانومول در هر گرم وزن تر) و کمترین (۱/۰۳ نانومول در هر گرم وزن تر) مقدار MDA، به‌ترتیب در میوه‌های تیمارشده با ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار SNP به دست آمد (جدول ۲).

مقایسه همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده (جدول ۳) نشان داد که بین عمر قفسه‌ای و سفتی میوه، شاخص طعم، ماده خشک، کاهش وزن تر، SOD، POD، APX و MDA همبستگی معنی‌داری ($p\leq0.01$) وجود دارد. بین عمر قفسه‌ای و نشت یونی و پرولین نیز این همبستگی ($p\leq0.05$) مشاهده شد. سفتی میوه با ماده خشک، SOD، POD، APX و MDA همبستگی معنی‌داری ($p\leq0.01$) داشت. بین شاخص طعم و SOD، POD و MDA همبستگی معنی‌داری ($p\leq0.01$) وجود دارد. بین شاخص طعم و نشت یونی و پرولین نیز این همبستگی ($p\leq0.05$) مشاهده شد.

بحث

اغلب محصولات باغی فسادپذیرند، بنابراین حفظ کیفیت پس از برداشت آنها و کاهش سرعت پوسیدگی از اهمیت بالایی برخوردار است. یک تمایل جهانی برای کشف جایگزین‌های جدید که عمر قفسه‌ای این محصولات را افزایش دهد، وجود دارد. اغلب این ترکیبات، پیری را طی مکانیزم‌هایی مانند کاهش سرعت تنفس، ممانعت از بیوسنتز اتیلن، تأخیر در قهوه‌ای‌شدن و تنظیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به تأخیر می‌اندازند (Gong *et al.*, 2018).

جدول ۱-تجزیه واریانس اثر تیمارهای پس از برداشت مختلف (نور آبی، سدیم نیتروپروساید و آرژنین) بر صفات اندازه‌گیری‌شده در میوه کیوی

Table 1- ANOVA for the postharvest effect of different treatments (blue light, sodium nitroprusside and arginine) on measured traits of kiwifruit

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	مالون دی آلدئید MDA	آسکوربات پراکسیداز APX	پراکسید از POD	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	نشت یونی Ionic leakage	پرولین Proline	ماده خشک Dry matter	کاهش وزن Weight loss	شاخص طعم Flavor index	سفتی میوه Fruit firmness	عمر قفسه‌ای Shelf life
تیمار Treatment	9	3.31**	20.70**	0.047**	361.10**	46.912*	23.15**	8.735*	0.334*	0.047ns	0.368**	17.35**
خطا Error	18	0.259	0.876	0.00	76.70	7.551	5.60	3.067	0.173	0.031	0.08	7.81
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	17.90	13.90	12.06	5.25	3.76	3.14	10.32	22.07	4.66	6.98	2.44

*، **به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns:عدم معنی‌داری.

*, **: Significant at the 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively, ns: Non-significant.

جدول ۲- اثر تیمارهای پس از برداشت مختلف (نور آبی، سدیم نیتروپروساید و آرژنین) بر صفات اندازه‌گیری‌شده در میوه کیوی

Table 2- Mean comparison of the postharvest effect of different treatments (blue light, sodium nitroprusside and arginine) on measured traits in kiwifruit

تیمارها Treatments	مالون دی آلدئید MDA (nmol.g^{-1} F.W.)	آسکوربات پراکسیداز APX (Enz. Unit.g^{-1} F.W.min^{-1})	پراکسیداز POD (nmol.g^{-1} F.W.)	سوپر اکسید دیسموتاز SOD (Enz. Unit.g^{-1} F.W.)	نشت یونی Ionic leakage (%)	پرولین Proline (µM.g^{-1} F.W.)	ماده خشک Dry matter (%)	کاهش وزن Weight loss (%)	شاخص طعم Flavor index	سفتی میوه Fruit firmness (kg.cm^{-2})	عمر قفسه‌ای Shelf life (day)
C	1.95^{b}	1.23^{g}	0.002^{f}	2.34^{i}	75.41^{a}	74.06^{cd}	15.50^{bc}	2.16^{a}	3.98^{a}	3.66^{b}	110.00^{c}
$A_{0.5}$	1.51^{cd}	1.03^{h}	0.013^{e}	9.97^{g}	72.69^{ab}	72.07^{d}	14.10^{c}	1.98^{a}	3.62^{a}	3.50^{b}	113.00^{a-c}
A_1	1.54^{c}	1.29^{f}	0.007^{f}	3.61^{h}	72.76^{ab}	73.43^{cd}	15.50^{bc}	2.17^{a}	3.71^{a}	3.66^{b}	113.50^{a-c}
A_2	1.56^{c}	1.68^{e}	0.014^{e}	12.78^{e}	73.33^{ab}	77.39^{a-c}	16.08^{bc}	2.27^{a}	3.93^{a}	4.23^{a}	112.30^{bc}
$S_{0.5}$	2.08^{a}	0.87^{i}	0.016^{de}	2.90^{i}	73.69^{ab}	72.03^{d}	17.60^{ab}	2.23^{a}	3.84^{a}	4.16^{a}	112.50^{a-c}
S_1	1.14^{e}	2.27^{c}	0.022^{c}	12.31^{f}	74.52^{ab}	73.43^{cd}	18.29^{ab}	1.71^{ab}	3.78^{a}	4.23^{a}	115.10^{ab}
S_2	1.03^{f}	2.48^{a}	0.036^{b}	27.76^{b}	70.08^{b}	80.14^{a}	19.23^{a}	1.56^{ab}	3.61^{a}	4.33^{a}	117.20^{a}
B_6	1.31^{de}	2.35^{b}	0.035^{b}	26.35^{c}	73.28^{ab}	75.53^{b-d}	19.33^{a}	1.72^{ab}	3.74^{a}	4.30^{a}	116.80^{ab}
B_{12}	1.36^{d}	2.27^{c}	0.039^{a}	28.09^{a}	71.20^{ab}	74.76^{b-d}	17.03^{a-c}	1.26^{b}	3.67^{a}	4.56^{a}	116.90^{ab}
B_{24}	1.49^{cd}	1.82^{d}	0.017^{d}	26.15^{d}	73.02^{ab}	78.74^{ab}	17.01^{a-c}	1.76^{ab}	3.69^{a}	4.23^{a}	115.80^{ab}

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون LSD ندارند ($p \leq 0.05$). C: شاهد، $A_{0.5}$، A_1 و A_2: به ترتیب آرژنین در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار، $S_{0.5}$، S_1 و S_2: به ترتیب سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار و B_6، B_{12} و B_{24}: به ترتیب ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت نور آبی.

Means with the same letters in each column are no significantly different based on LSD test ($p \leq 0.05$). C: control, $A_{0.5}$, A_1 and A_2: arginine at the concentrations of 0.5, 1 and 2 mM, respectively, $S_{0.5}$, S_1 and S_2: sodium nitroprusside at the concentrations of 0.5, 1 and 2 mM, respectively, and B_6, B_{12} and B_{24}: 6, 12 and 24 h blue light, respectively.

جدول ۳-ماتریکس همبستگی پیرسون بین شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده در میوه کیوی تحت تیمار پس از برداشت (نور آبی، سدیم نیتروپروساید و آرژنین)

Table 3- Pearson's correlation matrix between measured parameters in kiwifruit under postharvest treatments (blue light, sodium nitroprusside and arginine)

	نشت یونی Ionic leakage	پرولین Proline	شاخص طعم Flavor index	سفتی میوه Fruit firmness	عمر قفسه‌ای Shelf life	ماده خشک Dry matter	کاهش وزن Weight loss	سوپر اکسید دیسموتاز SOD	پراکسیداز POD	آسکوربات پراکسیداز APX	مالون دی آلدئید MDA
نشت یونی Ionic leakage	1										
پرولین Proline	-0.134^{ns}	1									
شاخص طعم Flavor index	0.576**	-0.284*	1								
سفتی میوه Fruit firmness	-0.217^{ns}	0.099^{ns}	-0.218^{ns}	1							
عمر قفسه‌ای Shelf life	-0.312*	0.250*	-0.356**	0.418**	1						
ماده خشک Dry matter	0.038^{ns}	0.070^{ns}	-0.043^{ns}	0.541**	0.451**	1					
کاهش وزن Weight loss	0.155^{ns}	0.065^{ns}	-0.008^{ns}	-0.054^{ns}	-0.446**	-0.317*	1				
سوپر اکسید دیسموتاز SOD	-0.359**	0.037^{ns}	-0.356**	0.585**	0.620**	0.440**	-0.572**	1			
پراکسیداز POD	-0.373**	0.021^{ns}	-0.348**	0.652**	0.625**	0.559**	-0.581**	0.846**	1		
آسکوربات پراکسیداز APX	-0.248^{ns}	0.032^{ns}	-0.221^{ns}	0.606**	0.578**	0.567**	-0.546**	0.837**	0.811**	1	
مالون دی آلدئید MDA	0.313*	-0.026^{ns}	0.399**	-0.346**	-0.560**	-0.373**	0.488**	-0.717**	-0.675**	-0.854^{ns}	1

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns: عدم معنی‌داری.

*, **: Significant at the 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively, ns: Non-significant.

نور یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که به شدت توسعه مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعات کمی در ارتباط با اثر نور روی میوه‌های پایا که چرخه تولیدمثل طولانی دارند و از نظر اندازه بزرگ هستند انجام شده است. این موضوع ارزیابی پاسخ‌های گیاهان به نور در شرایط محیطی کنترل‌شده را پیچیده کرده است (Xiaoying *et al*., 2022). تیمار نور آبی می‌تواند به‌طور مؤثری پوسیدگی بسیاری از میوه‌ها را طی انبارداری پس از برداشت کاهش دهد (Wu *et al*., 2020). اگرچه، راجع به متابولیت‌های القاشده توسط نور آبی اطلاعات کمی در دسترس است. مطالعه روی کیوی نشان داد که تیمارهای کیفی نورهای مختلف روی ارقام مختلف در زمان‌های متفاوت اثر معنی‌داری روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیان ژن بیوسنتز کلروفیل داشت (Xiaoying *et al*., 2022). اثر نورهای مختلف در محیط‌های مختلف روی توت فرنگی متفاوت بود (Shi *et al*., 2015; Choi *et al*., 2015*al*., 2015). به‌خوبی مشخص شده است که بلوغ میوه از نظر نموی تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دما و نور قرار دارد و توسط آنها تنظیم می‌شود. نور آبی ساخت رنگدانه را در میوه هلوی برداشت‌شده تحریک کرد (Gong *et al*., 2015). اطلاعات در مورد اثر نور آبی بر بلوغ میوه هنوز محدود است. در معرض قرار دادن میوه برداشت‌شده هلو با نور آبی، بلوغ میوه را همراه با کاهش سفتی میوه و افزایش در رنگ‌پذیری پوست میوه تسریع کرد، که این موضوع با افزایش تولید اتیلن به‌دلیل تنظیم بیان ژن‌های تولیدکننده اتیلن مشارکت دارد. نور آبی تولید اتیلن را افزایش داد و باعث تسریع در رسیدن و نرمی میوه‌های برداشت‌شده هلو شد (Gong *et al*., 2015). در پژوهش حاضر،بالاترین سفتی میوه و کمترین کاهش وزن، در میوه‌های تیمارشده با ۱۲ ساعت تابش نور آبی مشاهده گردید. برخی از مهم‌ترین علت‌های این یافته این است که نور آبی، فرارسیدن زمان اوج تولید اتیلن را به تأخیر می‌اندازد و همچنین به‌عنوان یک عامل قارچ‌کش، پوسیدگی پس از برداشت میوه‌ها را کاهش می‌دهد (Gong *et al*., Liao *et al*., 2013; 2015). بخش آبی طیف نوری با ویژگی‌های برگ، توسعه آن و میزان فتوسنتز مشارکت دارد که خود روی میزان مواد آلی و ماده خشک میوه اثرگذار است (Hogewoning *et al*., 2010). تابش نور LED یک روش مناسب برای اصلاح کیفیت مواد مغذی و کیفیت طعم پس از برداشت میوه پرتقال تشخیص داده شد (Liu *et al*., 2019). تیمار نور آبی (۳۰۰ لوکس به‌مدت ۲ ساعت) به‌طور معنی‌داری پوسیدگی میوه اژدها (*Selenicereus costaricensis*) را به تأخیر انداخت و عمر قفسه‌ای آنرا افزایش داد. این تیمار همچنین تولید قندهای محلول و اسیدهای چرب را در مرحله اولیه ذخیره القا کرد (Wu *et al*., 2020). تمایل به تغییر در بسیاری از شاخص‌های فیزیولوژیک میوه نیز ضعیف بود. تیمار نور آبی به‌طور معنی‌داری میزان تنفس، اسید قابل تیتر، میزان آب اکسیژنه، مواد جامد کل قابل حل و فعالیت جمع‌کننده رادیکال DPPH را کاهش داد. نور آبی متابولیسم اولیه و مقدار برخی متابولیت‌های اولیه مانند قندها، اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب، اسیدهای آلی و الکل‌ها را یک روز بعد از تیمار افزایش داد. افزایش این متابولیت‌ها می‌تواند یک نقش حیاتی در به تأخیر انداختن پوسیدگی میوه اژدها توسط نور آبی داشته باشد. مقدار اغلب ترکیبات فرار و برخی متابولیت‌های اولیه از جمله مونوساکاریدهای دیواره سلولی، آلدئیدها، کتون‌ها، استرها، آلکان‌ها، و الکل‌های فرار که می‌توانند با تأخیر پیری میوه توسط تیمار نور آبی در ارتباط باشند، به‌طور معنی‌داری در مرحله انتهای انبارداری کاهش یافت (Wu *et al*., 2020). نور آبی (با شدت ۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه به‌مدت ۱۲ روز) در طول دوره انبارمانی (با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد) با افزایش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در سنتز آنتوسیانین‌ها، موجب افزایش این ماده در توت‌فرنگی شد (Shi *et al*., 2014). آنالیز نقش نور LED در افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه‌ها نشان داد که این نور فعالیت‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژی میوه‌ها و سبزی‌ها از جمله تغییر رنگ، تغییر بلوغ پس از برداشت، القای مقاومت اکتسابی سیستمیک در برابر عوامل بیماری‌زای قارچی، ساخت و مقدار برخی اسیدهای آمینه و آنتی‌اکسیدان‌ها، فعالیت برخی آنزیم‌ها، کاهش فعالیت میکروبیو در نهایت کیفیت غذایی محصولات باغی را اصلاح کرد (Hasan *et al*., 2017; Finardi *et al*., 2021).

نتایج اثر غلظت‌های مختلف SNP روی میوه برداشت‌شده نوعی شلیل (*Prunus persica* var. Nucipersica) نشان داد که ۰/۵ میلی‌مولار، بهترین غلظت برای کاهش افت فیزیولوژیک وزن، حفظ سفتی، حفظ ترکیبات فنولیک، فعالیت آنتی‌اکسیدان، افزایش آهسته در فعالیت لیپوکسی‌ژناز و متیل‌استراز و در نهایت کیفیت بهتر میوه بود (Jayarajan & Sharma, 2018).SNP تیمار مناسبی برای حفظ کیفیت میوه و اصلاح مقاومت به بیماری در کیوی رقم Bruno طی انبارداری بود (Zheng *et al*., 2017). تیمار میوه کیوی با ۰/۲ میلی‌لیتر SNP به‌مدت ۱۰ دقیقه و نگهداری در دمای اتاق نشان داد که این تیمار سرایت بیماری را کاهش داد، افزایش میزان مواد جامد محلول و کاهش میزان ویتامین C را به تأخیر انداخت، فعالیت آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمونیلیاز، گلوکاناز و POD را افزایش داد و سطح ترکیبات فنولیک کل، فلاونوئیدها، گلیکوپروتئین غنی از هیدروکسی‌پرولین و لیگنین را ارتقا داد (Zheng *et al*., 2017). در پژوهش حاضر نتایج مشابهی به‌دست آمد به‌طوری‌که SNP در غلظت ۲ میلی‌مولار باعث بالاترین عمر قفسه‌ای و بیشترین میزان پرولین میوه‌ها شد. دلیل این افزایش عمر قفسه‌ای ممکن است این باشد کهSNP با فعال‌کردن مکانیسم‌های ژنتیکی و بیوشیمیایی، موجب

تأخیر و کاهش روند تولید اتیلن می‌شود، بنابراین عمر پس از برداشت محصولات حساس بـه اتـیلن را افـزایش مـی‌دهـد (Zheng *et al.*, 2017). میوه قره‌قاط (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) تیمارشده با SNP، میزان نسبتاً بالایی از اسیدهای چرب غیراشـباع را حفظ کرد که در نتیجه سفتی میوه افزایش و پوسیدگی کاهش یافـت (Dai *et al.*, 2021). اسیدهای چرب نقش مهمی در حفـظ تمامیـت ساختاری غشای پلاسمایی دارند. تیمار SNP همچنین میـزان اکسـید نیتریک، فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم A کربوکسـیلاز و سـطح بیـان ژن‌های کلیدی برای ساخت اسیدهای چرب را افزایش داد. بـرعکس، تیمـار SNP فعالیـت لیپوکسـی‌ژنـاز و مقـدار MDA را کـاهش داد. بنابراین، تیمار پس از برداشت SNP کیفیت میوه را طی عمر قفسه‌ای توسط اثر مثبت آن روی متابولیسم اسیدهای چرب حفظ کرد (Dai *et al.*, 2021). تیمار درختان هلو با ۲۵ و ۵۰ میکرومولار بر لیتـر SNP، ۱۴ روز قبل از برداشت باعث کاهش تولید اتیلن و حفظ سفتی میوه و مقدار آنتی‌اکسـیدان و ویتـامین C میـوه شـد (Koushesh Saba & Moradi, 2017). تیمـار میـوه انبـه (*Mangifera indica* L.) بـا غلظت‌های ۱ و ۱/۵ میلـی‌مـولار SNP باعـث کـاهش نشـت یـونی، کاهش میزان تنفس، کاهش تولید اتیلن، تـأخیر در کـاهش وزن تـر، کــاهش پوســیدگی، کــاهش فعالیــت پکتــین متیــل اســتراز و پلی‌گالاکتوروناز و افزایش سفتی نسبت به شـاهد شـد (Barman *et al.*, 2015). مطالعه دیگری روی رقم Tainong انبـه نشـان داد کـه تیمار SNP به‌طور معنی‌داری سـرعت تـنفس، شـاخص پوسـیدگی و رنگ پوست را کاهش داد، سفتی میوه را افزایش داد و مانع از کاهش وزن زیاد میوه شد. این تیمار همچنین باعث افزایش میزان مواد جامد محلول، حفظ سطوح بالای اسیدیته قابـل تیتـر، اسـید آسـکوربیک و ترکیبـات فنولیـک شـد. بـه‌عـلاوه تیمـار SNP فعالیـت آنـزیم‌هـای آنتی‌اکسیدانی SOD، POD و CAT را در میوه انبه افزایش و فعالیـت لیپوکسی‌ژناز و پلی‌فنل اکسیداز را کاهش داد که در نتیجـه منجـر بـه کاهش تجمع MDA، رادیکال آنیون سوپراکسید و پراکسید هیدروژن نسبت به شاهد شـد (Ren *et al.*, 2017). بنـابراین، افـزودن SNP، پتانسیل لازم برای اصلاح کیفیت و افزایش عمر قفسه‌ای میـوه‌هـای انبه را توسط حفاظت آنها در برابر آسیب اکسیداتیو ایجاد شده توسط ROS در طی بلوغ میوه دارد.

تیمار میوه‌ها با آرژنین یک فناوری امیدبخش برای کاهش آسیب ناشی از سرما و قهوه‌ای‌شدن با تحریـک بیشـتر فعالیـت آنـزیم‌هـای آنتی‌اکسیدان است. مقاومت گیاهان در مقابل تنش‌هـای محیطـی در اثر کاربرد آرژنین به‌دلیل تأثیر این ماده بر تجمع پلی‌آمین‌ها از طریـق افزایش آرژنین دکربوکسیلاز و اورنیتین دکربوکسیلاز و افزایش تجمع پرولین از طریق افـزایش فعالیـت آنـزیم اورنتـین آمینـو ترانسـفراز و همچنین افزایش نیتریک اکسید از طریـق افـزایش فعالیـت نیتریـک اکسید سنتاز است (Zhang *et al.*, 2013). میوه انـار تیمارشـده بـا ۱ میلی‌مولار آرژنین، علائم مربوط به آسیب سرما (قهوه‌ای‌شدن پوسـت خارجی) را نسبت به میوه شـاهد کمتـر نشـان داد (Babalar *et al.*, 2018). کاهش قهوه‌ای‌شدن پوست بیرونـی میـوه انـار تیمارشـده بـا آرژنین، ناشی از تجمع کمتر پراکسـید هیـدروژن در پوسـت خـارجی، به‌دلیل فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (SOD، CAT و APX) بود که منجر به تمامیت یا پایداری بیشتر غشـای پلاسـمایی، آشـکار شده توسط نشت یونی کمتر و تجمع MDA گردید. همچنین، کاهش قهوه‌ای‌شدن پوست بیرونی میوه انـار تیمارشـده بـا آرژنـین از نسـبت فعالیت بالاتر فنیل‌آلانین آمونیالیاز/POD حاصل می‌شـود. بـه‌عـلاوه، میوه انار تیمارشده با آرژنین، ظرفیت جمع‌کنندگی بالاتر DPPH آریل را به‌دلیل فنل‌های کل بالاتر آریل‌ها و تجمع آنتوسیانین‌ها نشـان داد. مقدار بیشتر اسید آسکوربیک آریل‌ها در میوه انار تیمارشده بـا آرژنـین می‌تواند با فعالیت بالاتر سیستم گلوتاتیون ردوکتاز /APX یـا تجمـع بیشتر آنتوسیانین همراه باشد (Babalar *et al.*, 2018). آرژنین با بـه تأخیر انداختن توسعه قهوه‌ای‌شدن میوه سیب و کاهو، باعـث افـزایش عمر پس از برداشـت آنهـا شـد (Wills & Li, 2016). در ارتبـاط بـا برش‌های سیب، غوطه‌وری در ۵۰ میلی‌مـولار آرژنـین بـه مـدت ۱۰ دقیقه منجر به افزایش ۱۵ برابری عمـر پـس از برداشـت نسـبت بـه برش‌های شاهد شد. برای برش‌های کاهو، عمر پس از برداشـت آنهـا طی غوطه‌وری در ۱۰۰ میلی‌مولار آرژنین به‌مـدت ۵ دقیقـه دو برابـر شاهد بود. آرژنین روی مزه این میوه‌ها نیز تأثیر مثبت داشت (Wills & Li, 2016). تیمار میوه گوجه فرنگی بـا ۰/۲ میلـی‌مـولار آرژنـین به‌مدت ۳۰ ثانیه، شاخص آسـیب سـرمازدگی را کـاهش داد و باعـث افزایش تجمع پلی‌آمین‌ها به‌ویژه پوتریسین همچنین پرولین شد. ایـن نتـایج از افـزایش فعالیـت آنـزیم‌هـای کاتابولیـک آرژینـاز، آرژنـین دی‌کربوکسیلاز، اورنیتین دی‌کربوکسیلاز و اورنیتین ۸–آمینوترانسفراز در اغلب زمان‌های نمونـه‌بـرداری ناشـی مـی‌شـود (Zhang *et al.*, 2013). همچنین، فعالیت نیتریک اکسید سنتاز با تیمار آرژنین افزایش یافت. این نتایج آشکار کرد که کـاهش در آسـیب سـرمازدگی توسـط آرژنین برون‌زا می‌تواند به‌دلیل تجمـع پوتریسـین، پـرولین و نیتریـک اکسید القا شده توسط فعال‌شدن مسیرهای مختلف کاتابولیسم آرژنین درون‌زا باشد (Zhang *et al.*, 2013).

نتیجه کلی پژوهش حاضـر نشـان داد کـه سـدیم نیتروپروسـاید در غلظت ۲ میلی‌مولار باعث بالاترین عمر قفسـه‌ای در میـوه کیـوی شـد. بالاترین سفتی و کمترین کاهش وزن تر نیز در میوه‌های تیمارشده با ۱۲ ساعت تابش نور آبـی مشـاهده گردیـد. در مجمـوع، نـور آبـی و سـدیم نیتروپروساید برای تغییر صـفات انـدازه‌گیـری‌شـده در کیـوی مـؤثرتر از آرژنین بودند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت قدردانی می‌شود.

References

1. Abdul-Qados, A.M.S. (2009). Effect of arginine on growth, yield and chemical constituents of wheat grown under salinity condition. *Academic Journal of Plant Sciences*, *2*, 267–278.
2. Alferez, F., Liao, H.L., & Burns, J.K. (2013). Blue light alters infection by *Penicillium digitatum* in tangerines. *Postharvest Biology and Technology*, *63*, 11–15. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.08.001
3. Aliniaeifard, S., & Seifi Kalhor, M. (2017). Effects of blue light on photosynthesis of *Tradescantia virginiana*plants grown in different VPDs. *Plant Researches Journal*, *30*(2), 420–428. https://dorl.net/dor/20.1001.1.23832592.1396.30.2.16.7
4. Arasimowics, M., & Wieczoorek, J.F. (2007). Nitric oxide as a bioactive signaling molecule in plant stress responses. *Plant Science*, *172*, 876–887. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2007.02.005
5. Babalar, M., Pirzad, F., Askari Sarcheshmeh, M.A., Talaei, A., & Lessani, H. (2018). Arginine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. *Postharvest Biology and Technology*, *137*, 31–37. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.012
6. Ballester, A.R., & Lafuente, M.T. (2016). LED blue light-induced changes in phenolics and ethylene in citrus fruit: Implication in elicited resistance against *Penicillium digitatum* infection. *Food Chemistry*, *218*, 575–583. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.089
7. Bantis, F., Ouzounis, T., & Radoglou, K. (2016). Artificial LED lighting enhances growth characteristics on total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae*, *198*, 277–283. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.014
8. Barman, K., Asrey, R., Pal, R.K., Kumar Jha, S., & Bhatia, K. (2015). Postharvest nitric oxide treatment reduces chilling injury and enhances the shelf-life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low-temperature storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *89*(3), 253–260. https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513076
9. Bates, L.S., Waldrenand, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*, 205–207. https://doi.org/10.1007/BF00018060
10. Bidaki, S., Tehranifar, A., & Khorassani, R. (2018). Post-harvest shelf-life extension of fruits of two strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) cultivars with amino acids application in soilless culture system. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *9*(2), 1–10. http://dorl.net/dor/20.1001.1.20089082.1397.9.2.3.5
11. Chen, G.X., & Asada, K. (1989). Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. *Plant Cell Physiology*, *30*, 987–998. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a077844
12. Choi, H.G., Moon, B.Y., & Kang, N.J. (2015). Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber. *Scientia Horticulturae*, *189*, 22–31. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.022
13. Dai, H., Ji, S., Zhou, X., Wei, B., Cheng, S., Zhang, F., Wang, F., & Zhou, Q. (2021). Postharvest effects of sodium nitroprusside treatment on membrane fatty acids of blueberry (*Vaccinium corymbosum*, cv. Bluecrop) fruit. *Scientia Horticulturae*, *288*, 110307. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110307
14. FAO. (2013). Food and Agricultural Organization Database. Retrieved from http://apps.fao.org.
15. Finardi, S., Hoffmann, T.G., Schmitz, F.R.W., Bertoli, S.L., Khayrullin, M., Neverova, O., Ponomarev, E., Goncharov, A., Kulmakova, N., Dotsenko, E., Khryuchkina, E., Shariati, M.A., & de Souza, C.K. (2021). Comprehensive study of light-emitting diodes (LEDs) and ultraviolet-LED lights application in food quality and safety. *Journal of Pure Applied Microbiology*, *15*(3), 1125–1135. https://doi.org/10.22207/JPAM.15.3.54
16. Giannopolitis, C., & Ries, S. (1997). Superoxid desmutase. I: Occurence in higher plant. *Plant Physiology*, *59*, 309–314. https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309
17. Gong, D., Cao, S., Sheng, T., Shao, J., Song, C., Wo, F., Chen, W., & Yang, Z. (2015). Effect of blue light on ethylene biosynthesis, signaling and fruit ripening in postharvest peaches. *Scientia Horticulturae*, *197*, 657–664. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.034
18. Gong, T., Li, C., Bian, B., Wu, Y., Dawuda, M.M., & Liao, W. (2018). Advances in application of small molecule compounds for extending the shelf life of perishable horticultural products: A review. *Scientia Horticulturae*, *230*, 25–34. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.013
19. Guo, Z., Ou, W., Lu, S., & Zhong, Q. (2006). Differential responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity. *Plant Physiology and Biochemistry*, *44*, 828–836. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2006.10.024
20. Hasan, M.M., Bashir, T., Ghosh, R., Lee, S.K., & Bae, H. (2017). An overview of LEDs' effects on the production of bioactive compounds and crop quality. *Molecules*, *22*(9), 1420. https://doi.org/10.3390/molecules22091420
21. Hasperue, J.H., Guardianelli, L., Rodoni, L.M., Chaves, A.L., & Martínez, G.A. (2016). Continuous white blue

LED light exposition delays postharvest senescence of broccoli. *Food Science and Technology, 65*, 495–502. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.041

22. Heath, R.L., & Parker, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 125*, 189–198. https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1
23. Hogewoning, S.W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., & Harbinson, J. (2010). Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany, 61*, 3107–3117. https://doi.org/10.1093/jxb/erq132
24. In, B.C., Motomura, S., Inamoto, K., Doi, M., & Mori, G. (2007). Multivariate analysis of relation between preharvest environmental factors, postharvest morphological and physiological factors and vase life of cut 'Asomi Red' roses. *Japanese Society for Horticultural Science, 76*, 66–72. http://dx.doi.org/10.2503/jjshs.76.66
25. Jayarajan, S., & Sharma, R.R. (2018). Impact of nitric oxide on shelf life and quality of nectarine (*Prunus persica* var. nucipersica). *Acta Physiologiae Plantarum, 40*(12), 207. https://doi.org/10.1007/s11738-018-2779-4
26. Jerzy, M., Zakrzewski, P., & Schroeter-Zakrzewska, A. (2014). Effect of color of light on the opening of inflorescence buds and postharvest longevity of pot chrysanthemums (*Chrysanthemum* X *grandiflorum* (Ramat.) Kitam). *Acta Agrobotanica, 64*(3), 13–18. http://doi.org/10.5586/aa.2011.025
27. Jin, P., Yao, D., Xu, F., Wang, H., & Zheng, Y. (2015). Effect of light on quality and bioactive compounds in postharvest broccoli florets. *Food Chemistry, 172*, 705–709. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.134
28. Kaya, C., Higges, D., & Kirnak, H. (2001). The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Journal of Plant Physiology, 27*(3-4), 47–59.
29. Kiaeshkevarian, M., Raiesi, T., Moradi, B., Fattahi Moghadam, J., & Faghih Nasiri, M. (2023). A study on effects of chemical fertilizer and organic manures on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*, cv. Hayward) quality during cold storage. **Journal of Horticultural Science**, **37**(2), 307-324. https://doi.org/10.22067/jhs.2022.70366.1054
30. Koushesh Saba, M., & Moradi, S. (2017). Sodium nitroprusside (SNP) spray to maintain fruit quality andalleviate postharvest chilling injury of peach fruit. *Scientia Horticulturae, 216*, 193–199. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.009
31. Leshem, Y.Y., & Pinchasov, Y. (2000). Non-invasive photoacoustic spectroscopic determination of relative endogenous nitric oxide and ethylene content stoichiometry during the ripening of strawberries *Fragaria anannasa* (Duch.) and avocados *Persea americana* (Mill.). *Journal of Experiment Botanic, 51*, 1471–1473. https://doi.org/10.1093/jexbot/51.349.1471
32. Li, H.M., Tang, C.M., Xu, Z.G., Liu, X.Y., & Han, X.L. (2012). Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *Journal of Agricultural Science, 4*, 262–273. https://doi.org/10.5539/jas.v4n4p262
33. Liao, H.L., Alferez, F., & Burns, J.K. (2013). Assessment of blue light treatments on citrus postharvest diseases. *Postharvest Biology and Technology, 81*, 81–88. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.019
34. Liao, W.B., Zhang, M.L., & Yu, J.H. (2013). Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. *Scientia Horticulturae, 155*, 30–38. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.03.005
35. Linh, T.T.T., Jitareerat, P., Aimlaor, S., Srilaong, V., Boonyaritthongchai, P., & Uthairatanakij, A. (2015). Applying of sodium nitroprusside (SNP) on postharvest 'Nam Dok Mai No.4' mango fruits delay ripening and maintain quality. *African Journal of Agricultural Research, 10*(31), 3067–3072. https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9530
36. Liu, S., Hu, L., Jiang, D., & Xi, W. (2019). Effect of postharvest LED and UV light irradiation on the accumulation of flavonoids and limonoids in the segments of newhall navel oranges (*Citrus sinensis* Osbeck). *Molecules, 24*(9), 1755. https://doi.org/10.3390/molecules24091755
37. Ma, G., Zhang, L., Setiawan, C.K., Yamawaki, K., Asai, T., & Nishikawa, F. (2014). Effect of red and blue LED light irradiation on ascorbate content and expression of genes related to ascorbate metabolism in postharvest broccoli. *Postharvest Biology and Technology, 94*, 97–103. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.03.010
38. Mansouri, H. (2012). Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of chrysanthemums. *Scientia Horticulturae, 145*, 29–33. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.016
39. Nasibi, F., Barand, A., Manouchehri Kalantari, K., & Rezanejad, F. (2013). The effect of arginine pretreatment on germination, growth and physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in *Pistacia vera* L. *in vitro* culture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5*(17), 1918–1925.
40. Nasibi, F., Farahmand, H., Kamyab, A., & Alipour, S. (2014). Effects of arginine, cysteine and 5-sulfosalicylic acid on of vase life of tuberose cut flowers. *Agricultural Communications, 2*(2), 35–41.
41. Neill, S., Barros, R., Bright, J., Desikan, R., Hancock, J., Harrison, J., & Wilson, I. (2008). Nitric oxide, stomatal

closure, and abiotic stress. *Journal of Experimental Botany, 59*(2), 165–176. https://doi.org/10.1093/jxb/erm293

42. Piri, M., & Jabbarzadeh, Z. (2023). The effect of foliar application of salicylic acid, spermidine and sodium nitroprusside on some growth and flowering characteristics, photosynthetic pigments and vase life of *Lisianthus* 'Mariachi Blue'. Journal of Horticultural Science, 36(4), 917-936. https://doi.org/10.22067/jhs.2022.74334.1118
43. Poudel, P.R., Kataoka, I., & Mochioka, R. (2008). Effect of red and blue light emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *92*, 147–153. http://doi.org/10.1007/s11240-007-9317-1
44. Qiao, W., & Fan, L.M. (2008). Nitric oxide signaling in plant responses to abiotic stresses. *Journal of Integrative Plant Biology*, *10*, 1238–1246. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818797-5.00013-3
45. Ren, Y., He, J., Liu, H., Liu, G., & Ren, X. (2017). Nitric oxide alleviates deterioration and preserves antioxidant properties in 'Tainong' mango fruit during ripening. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *58*(1), 27–37. https://doi.org/10.1007/s13580-017-0001-z
46. Saini, R.S. (2005). Laboratory manual of analytical techniques in horticulture. *Agrobios, Jodhpur, India*.
47. Shi, L., Cao, S., Chen, W., & Yang, Z. (2014). Blue light induced anthocyanin accumulation and expression of associated genes in Chinese bayberry fruit. *Scientia Horticulturae*, *179*, 98–102. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.022
48. Snelgar, W.S., & Hopkirk, G. (1988). Effect of overhead shading on yield and fruit quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of Horticultural Science*, *63*(4), 731–742. https://doi.org/10.1080/14620316.1988.11515918
49. Tavarani, S., Deglinnocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and storage of 'Hayward' kiwifruit. *Food Chemistry*, *107*, 282–288. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.015
50. Wang, X.Y., Gu, S., Chen, B., Huang, J., & Xing, J. (2017). Effect of postharvest L-arginine or cholesterol treatment on the quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, *225*, 788–794. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.058
51. Wills, R., & Li, Y.X. (2016). Use of arginine to inhibit browning on fresh cut apple and lettuce. *Postharvest Biology Technology*, *113*, 66–68. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.006
52. Wills, R.B.H., Ku, V.V.V., & Leshem, Y.Y. (2000). Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, *18*, 75–79. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00061-7
53. Wollaeger, H.M., & Runkle, E.S. (2014). Growth of impatiens, *Petunia*, *Salvia* and tomato seedlings under blue, green, and red light-emitting diodes. *HortScience*, *49*(6), 734–740. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.6.734
54. Wu, Q., Zhou, Y., Zhang, Z., Li, T., Jiang, Y., Gao, H., & Yun, Z. (2020). Effect of blue light on primary metabolite and volatile compound profiling in the peel of red pitaya. *Postharvest Biology and Technology*, *160*, 111059. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111059
55. Xiaoying, L., Mingjuan, Y., Xiaodong, X., Abm, K., Atak, A., Caihong, Z., & Dawei, L. (2022). Effect of light on growth and chlorophyll development in kiwifruit *ex vitro* and *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, *291*, 110599. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110599
56. Xu, F., Cao, S.F., Shi, L.Y., Chen, W., Su, X.G., & Yang, Z.F. (2014). Blue light irradiation affects the anthocyanin content and enzymes activities involved in postharvest strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*, 4778–4783. https://doi.org/10.1021/jf501120u
57. Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D., & Sheng, J. (2013). Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: Changes in endogenous arginine catabolism. *Postharvest Biology and Technology*, *76*, 106–111. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.012
58. Zhang, X., Shen, L., Li, F., Zhang Y., Meng D., & Sheng, J. (2011). Up-regulating arginase contributes to amelioration of chilling stress and the antioxidant system in cherry tomato fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*, 2195–2202. https://doi.org/10.1002/jsfa.4070
59. Zheng, F., Zheng, W., Li, L., Pan, S., Liu, M., Zhang, W., Liu, H., & Zhu, C. (2017). Chitosan controls postharvest decay and elicits defense response in kiwifruit. *Food Bioprocess Technology*, *10*, 1937–1945. https://doi.org/10.1007/s11947-017-1957-5
60. Zhu, S., & Zhou, J. (2006). Effects of nitric oxide on fatty acid composition in peach fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*, 9447–9452. https://doi.org/10.1021/jf062451u
61. Zhu, S., & Zhou, J. (2007). Effect of nitric oxide on ethylene production in strawberry fruit during storage. *Food Chemistry*, *100*, 1517–1522. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.022